

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
 INSTITUT NATIONAL
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
 PARIS

(11) N° de publication : **2 557 735**
 (à n'utiliser que pour les
 commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 00006**

(51) Int Cl⁴ : H 01 M 6/18, 10/40; C 08 K 3/24, 5/56; C 08 L
 71/02.

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

(22) Date de dépôt : 2 janvier 1984.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : *Société anonyme dite : SOCIÉTÉ NA-
 TIONALE ELF AQUITAINE* — FR.

(72) Inventeur(s) : Michel Armand.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
 demande : BOP « Brevets » n° 27 du 5 juillet 1985.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
 rentés :

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : SNEA, Service propriété industrielle.

(54) Nouveau matériau macromoléculaire à conduction ionique et son procédé de fabrication.

(57) Matériau macromoléculaire à conduction ionique constitué
 par un sel en solution dans un matériau macromoléculaire, lui-
 même constitué par un polymère organométallique.
 Application à la réalisation de générateurs électrochimiques.

FR 2 557 735 - A1

L'invention concerne un nouveau matériau macromoléculaire à conduction ionique utilisable notamment comme électrolyte solide pour la réalisation de générateurs électrochimiques de courant.

5 Elle concerne en particulier des matériaux macromoléculaires à conduction ionique qui ne sont pas cristallins à température ambiante ou qui le sont suffisamment peu pour que l'on puisse les utiliser pour réaliser des générateurs électrochimiques de courant, qu'ils soient
10 secondaires ou primaires.

Selon l'art antérieur, on connaît des électrolytes solides constitués par des solutions solides de composés ioniques dans des polymères. On peut par exemple se reporter à la demande de brevet Européen 0 013 199 intitulée
15 "générateurs électrochimiques de production de courant et nouveaux matériaux pour leur fabrication" qui décrit en particulier des solutions solides de sels de lithium dans des polymères aprotiques polaires susceptibles de solvater le cation. Ces solutions constituent des électrolytes
20 solides utilisables dans des générateurs solides en couches minces. Parmi les polymères cités dans cette demande de brevet, figurent notamment les polyoxydes d'éthylène, les polyoxydes de propylène, le polydiméthoxyéthylène et leurs copolymères.

25 De façon à améliorer les propriétés mécaniques des électrolytes ainsi constitués et leur comportement vis à vis de la cristallisation on a proposé dans la demande de brevet français 2 485 274 "Electrolyte solide à base de matériau macromoléculaire à conduction ionique", d'utiliser
30 comme électrolyte un matériau complexe élastomère réticulé. La réticulation se fait à partir de polymères contenant des fonctions réticulables selon les techniques usuelles, en particulier des fonctions conduisant à des réseaux uréthannessusceptibles de réagir avec le métal de l'anode
35 et donc de générer une dégradation du polymère qui ne pourra plus alors jouer son rôle de liant élastomère, concomitante à une consommation d'une partie dudit métal par oxydation irréversible.

Selon la demande de brevet français 2 493 609

"Electrolyte solide macromoléculaire pour générateur électrochimique au lithium", l'électrolyte solide renfermant le sel solvaté est un copolymère du type polyester
5 élastomérique résultant de la polycondensation de diméthyl-
téréphtalate, d'un polyglycol et d'un diol. En tant que
glycol, ladite demande cite le polytétraméthylène éther
glycol, le polyéthylène éther glycol et le polypropylène-
éther-glycol. Cette solution présente un inconvénient simi-
10 laire à celle de la demande de brevet 2 485 274 puisque
les condensats ainsi formés comportent des fonctions esters
qui sont susceptibles elles aussi, de réagir avec le métal
de l'anode et de dégrader le polymère.

En outre, selon ces deux procédés, il est nécessaire
15 d'employer des quantités stœchiométriques d'agent de
condensation ou de réticulation pour le bon déroulement des
réactions mises en jeu. Cette condition rend difficile
l'élimination des fonctions OH résiduelles des polyols de
départ - Le matériau macromoléculaire ainsi constitué
20 comporte donc des fonctions protiques susceptibles
d'accélérer la réduction des esters et des uréthannes au
niveau du matériau d'électrode négative.

De façon à éliminer ces fonctions protiques, on peut
introduire un excès d'agent de condensation et ainsi
25 éliminer les fonctions OH. Dans le cas des polycondensats
obtenus selon la description de la demande de brevet
n° 2 493 609, cette élimination conduit à une diminution
importante des poids moléculaires et donc des propriétés
mécaniques. Dans le cas de la réticulation décrite dans la
30 demande de brevet n° 2 485 274, on risque d'introduire par
ce biais un excès d'un réactif instable en oxydo-réduction.

De plus, on remarque que dans le cas de la réticu-
lation du brevet 2 485 274 on obtient des réseaux réticulés
sans possibilité d'obtenir un polymère thermoplastique alors
35 que dans le cas des polycondensats de la demande 2 493 609,
on obtient des chaînes linéaires qui ne sont pas réticulées.

Au contraire, la présente invention a pour objet d'ob-
tenir indifféremment des polycondensats linéaires

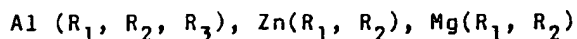
ou branchés ou des réticulats qui sont stables dans le domaine redox mis en jeu dans les accumulateurs au lithium. Pour cela, elle fait appel à des agents de condensation eux mêmes stables vis à vis du lithium et qui peuvent être introduits en excès de façon à faire disparaître complètement les fonctions alcools des glycols de départ. A cet effet, elle prévoit un matériau macromoléculaire à conduction ionique comprenant un sel en solution dans un polymère, caractérisé en ce qu'il est constitué par un polycondensat obtenu par polycondensation d'au moins un polyol dérivé d'un ou plusieurs motifs monomères différents ou identiques, chacun desdits motifs comportant au moins un hétéroatome apte à former des liaisons du type donneur accepteur avec le cation en solution, ladite polycondensation étant effectuée en présence d'un agent de pontage comportant au moins deux liaisons carbone-métal, le métal étant choisi parmi l'aluminium, le zinc ou le magnésium.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le matériau macromoléculaire est un polycondensat non réticulé obtenu par polycondensation d'un diol, en présence d'un agent de pontage comprenant seulement deux liaisons carbone-métal.

Selon un second mode de réalisation de l'invention, le matériau macromoléculaire est un polycondensat réticulé obtenu par polycondensation d'un diol en présence d'un agent de pontage comprenant trois liaisons carbone-aluminium.

Selon un troisième mode de réalisation, le matériau macromoléculaire est un polycondensat réticulé obtenu par polycondensation en présence d'un agent de pontage comprenant deux liaisons carbone-métal et le polyol présente au moins trois fonctions alcool.

De manière préférentielle, l'agent de pontage est choisi, parmi les alkyl-métalliques et leurs dérivés représentés par l'une des formules :



dans laquelle R_1 , R_2 et R_3 peuvent être semblables ou différents et représentent des radicaux alkyles comportant

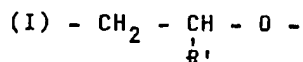
de 1 à 12 atomes de carbone, R_3 pouvant en outre représenter un halogène ou un radical alcoxy.

Sans sortir du cadre de l'invention, on pourrait utiliser des agents de pontage comportant plus de trois liaisons carbone-aluminium. C'est ainsi que l'on peut
5 avantageusement utiliser des aluminooxanes, c'est-à-dire des produits présentant 4 liaisons carbone-aluminium.

L'intérêt particulier de ces nouveaux matériaux macromoléculaires à conduction ionique, selon l'invention,
10 réside dans leur utilisation à la réalisation d'électrolytes pour des générateurs électrochimiques.

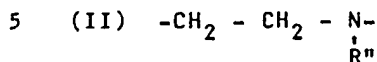
Cette utilisation est dépourvue de la plupart des défauts des réalisations selon l'art antérieur puisque, du fait de leur structure obtenue par la réaction de polycondensation en présence d'un agent de pontage, les maté-
15 riaux macromoléculaires à conduction ionique selon l'invention présentent des irrégularités qui correspondent en particulier aux groupes alcoolates métalliques et qui leur confèrent des taux de cristallinité très bas les rendant ainsi pratiquement amorphes à température ambiante. Ils ne
20 cristallisent pas dans un large domaine de température pour lequel ils restent amorphes. On obtient donc un matériau dans lequel le sel de l'électrolyte est uniformément réparti, avec tous les avantages que cela représente pour
25 la conductivité.

D'une manière préférentielle, le polyol dérive d'un motif monomère représenté par la formule :

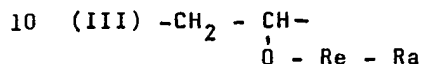


30 dans laquelle R' représente un atome d'hydrogène ou l'un des groupes Ra , $-CH_2-O-Ra$, $-CH_2-O-Re-Ra$, $-CH_2-N=(CH_3)_2$, avec Ra représentant un radical alkyle ou cycloalkyle comportant notamment 1 à 16, de préférence 1 à 4 atomes de carbone, Re représentant un radical polyéther de formule
35 générale
 $-(CH_2-CH_2-O)_p-$, p ayant une valeur de 1 à 100, notamment de 1 à 2.

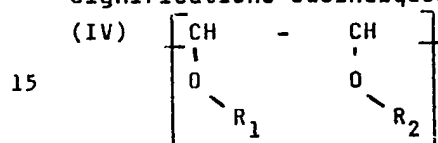
Mais selon un autre mode de réalisation de l'invention, le polyol peut dériver de l'enchaînement statistique ou séquencé des monomères de formule I avec des motifs représentés soit par la formule suivante:



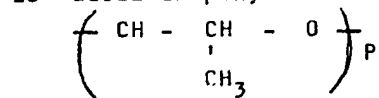
dans laquelle R'' représente Ra, -Re-Ra, avec Ra et Re ayant respectivement l'une des significations susindiquées, soit par la formule :



dans laquelle Ra et Re sont respectivement l'une des significations susindiquées soit par la formule :



dans laquelle R₁ et R₂ sont identiques ou différents et représentent chacun l'un des groupes Re, Re-Ra avec les significations ci-dessus, Re pouvant alors représenter aussi un poly-éther de formule :



De préférence encore les polyols utilisés sont des glycols et ils ont en particulier, une masse moléculaire comprise entre 300 et 20.000.

Selon différents modes de réalisation, ces polyols peuvent avoir une structure branchée et/ou comprendre des enchaînements récurrents identiques ou différents, les enchaînements différents pouvant être combinés d'une manière statistique ou séquencée.

On peut par exemple partir d'un ω diol linéaire ou d'un diol branché, d'un triol.

Ainsi qu'il apparaîtra ci-après, le choix des polyols utilisés sera fonction de leurs caractéristiques dont dépendront la valeur de la conductivité ionique, la résistance mécanique et l'évolution de la conductivité en fonction de la température.

On comprend donc que l'invention permet d'obtenir des structures non réticulées en partant de glycol et en utilisant un dialkyl-métallique comme agent de pontage. Elle permet d'obtenir des structures réticulées en utilisant soit un glycol et un trialkylaluminium, soit un polyol
5 et un dialkyl-métallique ou un trialkylaluminium.

D'une manière plus générale, l'invention concerne un matériau macromoléculaire à conduction ionique constitué par un sel en solution dans un matériau macromoléculaire,
10 caractérisé en ce que ce matériau macromoléculaire est un polymère organométallique dans lequel chaque atome de métal est directement relié par l'intermédiaire d'un atome d'oxygène à au moins deux chaînes polymériques dérivées chacune d'un ou plusieurs monomères comportant chacun au moins un
15 hétéroatome apte à former des liaisons du type donneur accepteur avec le cation du sel en solution.

De préférence, le métal du polymère organométallique est choisi parmi l'aluminium, le zinc et le magnésium.

Le fait d'utiliser des agents de pontage du type de
20 ceux comportant au moins deux liaisons métal-carbone permet d'éviter les inconvénients de l'art antérieur puisque de tels agents qui sont stables dans le domaine rédox mis en jeu dans les accumulateurs au lithium peuvent être introduits en excès de façon à ce que le polymère ne comporte
25 plus de fonction -OH. Du fait de la grande activité de l'agent de pontage utilisé selon l'invention, on peut éliminer toutes les fonctions alcools résiduelles en n'utilisant qu'un très faible excès dudit agent de pontage de sorte que l'on peut obtenir un matériau macromoléculaire de
30 haut poids moléculaire même dans le cas de polycondensats non réticulés. De plus, en fin de polycondensation, on peut s'assurer de l'élimination des fonctions OH résiduelles en ajoutant un excès de l'agent de polycondensation dans des proportions allant de 15 à 20 % de la stoechiométrie.

35 Les sels mis en solution dans le matériau macromoléculaire sont avantageusement des sels de lithium. Ils peuvent être similaires à ceux décrits dans la demande de brevet européen n° 0 013 199 mais on pourra aussi choisir des

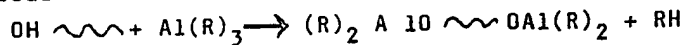
bis-perhalogénoalkyl ou sulfonyl-imidures tels que décrits dans la demande de brevet français n° 82 09 540 déposée le 1er juin 82, des tétraalkynylborates ou aluminates tels que décrits dans la demande de brevet français n° 82 09 539 ou encore des tétrakistrialkylsiloxylaluminates de métaux alcalins tels que décrits dans la demande de brevet français n° 82 09 539.

On pourra aussi choisir d'utiliser les closoboranes comme ceux qui font l'objet de la demande de brevet français n° 82 04 62 du 18 mars 1982.

Pour fabriquer les matériaux macromoléculaires, on mélange le polyol et le sel, éventuellement en présence d'un solvant dans le cas où le polyol lui-même n'est pas liquide à la température de réaction et on ajoute l'alkylaluminium. On obtient alors le polycondensat, réticulé ou non réticulé.

On peut aussi effectuer la mise en solution du sel après la polycondensation, soit par voie ex solvant soit par des techniques de fusion quand le matériau macromoléculaire est thermoplastique.

Les polycondensats réticulés peuvent être obtenus en passant par une étape de pré-condensation en faisant réagir une partie du diol sur un excès stoechiométrique de l'alkyl-métallique de façon à obtenir un polymère de faible masse qui est alkyl-métal à ses deux extrémités, selon le processus suivant en référence à l'alkylaluminium :



ce polymère joue le rôle de précondensat. On rajoute ensuite, dans une deuxième étape, la quantité restante du polyol pour obtenir le polycondensat final.

L'intérêt de cette polycondensation en deux étapes, dont la première est une étape de précondensation réside dans le fait que cette première étape permet l'élimination facile des calories puisqu'elle met en jeu des matériaux de faible masse moléculaire donc moins visqueux. Un autre avantage est lié au fait que pendant cette étape de précondensation, on élimine du milieu réactionnel les radicaux

RH les plus volatils et les plus légers de sorte que la réaction finale se fait dans des conditions homogènes compatibles avec le milieu visqueux.

Lors de l'utilisation du matériau macromoléculaire à conduction ionique selon l'invention pour la réalisation d'un accumulateur, on peut prévoir non seulement la réalisation d'un électrolyte mais aussi celle d'électrodes composites, c'est-à-dire d'électrodes pour lesquelles le matériau actif est mélangé à de l'électrolyte avec éventuellement un matériau à conduction électronique.

Pour fabriquer l'électrode positive d'un accumulateur, on pourra incorporer le matériau actif, par exemple TiS_2 ou V_6O_{13} , au mélange initial. Ce mélange sera donc constitué par le polyol, le sel, le matériau actif et le solvant. On lui ajoute ensuite l'agent de condensation. Dans le cas où le matériau macromoléculaire est un polycondensat non réticulé, on pourra utiliser des techniques sans solvant par exemple fusion après broyage et éventuellement compactage.

Pour réaliser une électrode négative à base de lithium, on prendra les précautions nécessaires pour que le lithium ne puisse pas réagir avec la liaison OH du polyol. Pour cela, on pourra utiliser un matériau macromoléculaire non réticulé et incorporer le lithium par voie solvant après que la réaction de polycondensation soit terminée.

L'invention sera mieux comprise à la lecture des exemples suivants qui sont donnés à titre d'illustration mais n'ont aucun caractère limitatif.

Dans ces exemples, la définition du rapport O/li est la même que celle donnée dans la demande Européenne 0 013 199.

PREMIER EXEMPLE : Réalisation d'un électrolyte solide à partir de polyoxyéthylèneglycol.

On a mis en solution, dans un mélange d'acétonitrile et de chlorure de méthylène, du polyoxyéthylèneglycol de masse moléculaire égale à 1500 et du perchlorate de lithium, selon les proportions suivantes : (pourcentages massiques).

P O E G 1500	51, - %
LiClO ₄	11,8 %
CH ₃ CHN	27,7 %
CH ₂ Cl ₂	8,6 %

- 5 26 g de cette solution, dont l'extrait sec est d'environ 60 %, dans laquelle le rapport O Li est égal à 12,5 sont mélangés sous agitation à 5°C à 6 ml de tri-octyl aluminium (T.O.A.) ce qui représente un excès d'environ 15 % par rapport à la stoechiométrie. Le produit obtenu est
- 10 étalé à l'aide d'un gabarit de 400 μ sur une surface plane de polyéthylène. On obtient ainsi un film humide qui après réchauffage à 25°C réticule en moins de deux heures. Après séchage, le film est décollé de son support puis
- 15 de mesurer les températures pour lesquelles la conductivité est égale à $10^{-5} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ($t_{\sigma} 10^{-5}$) et à $10^{-4} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ($t_{\sigma} 10^{-4}$).

$$t_{\sigma} 10^{-4} = 52^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\sigma} 10^{-5} = 22^{\circ}\text{C}$$

20 EXEMPLE COMPARATIF

- On a réalisé un électrolyte similaire à partir du même polyol (POEG 1500) mais en utilisant une réticulation au triisocyanate aliphatique commercialisé par BAYER sous le nom de DESMODUR.N. Pour un même rapport O/Li, on a obtenu les
- 25 résultats suivants :

$$t_{\sigma} 10^{-5} = 54^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\sigma} 10^{-4} = 90^{\circ}\text{C}$$

- on remarque alors que l'invention permet l'obtention de films minces amorphes mais qui présentent des conductivités
- 30 ioniques à basse température nettement améliorées par rapport à l'art antérieur.

- DEUXIEME EXEMPLE. On a réalisé les mêmes opérations que dans l'exemple 1 mais en remplaçant le perchlorate de lithium par du trifluoromethane-sulfonate de lithium, dans un rapport
- 35 O/Li égal à 12, en utilisant sensiblement les mêmes paramètres que dans l'exemple 1. On a reporté les résultats des mesures de conductivité dans le tableau I ci-après dans lequel la première colonne concerne un matériau obtenu selon l'invention à partir de polyoxyéthylène glycol

condensé en présence de trioctyl aluminium et la seconde colonne concerne un matériau obtenu par réticulation au tri-isocyanate aromatique commercialisé par BAYER sous le nom de DESMODUR. R.

TABLEAU I

5

10

	POEG (1500) T O A	POEG (1500) DESMODUR.R
$t \times 10^{-4} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$	60	132
$t \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$	24	> 170

16

A la lecture de ce tableau on remarque que l'on obtient sensiblement les mêmes résultats pour les matériaux selon l'invention dans lesquels le sel est un perchlorate ou un trifluorométhanesulfonate.

On remarque aussi une amélioration nette des résultats par rapport à la réticulation au tri-isocyanate.

20

TROISIEME EXEMPLE

Cet exemple concerne un matériau similaire à celui de l'exemple 1 mais le glycol utilisé était un polyoxyéthylène glycol de masse moléculaire égale à 3000.

On a réalisé tout d'abord le mélange suivant :

25

P.O.E.G. (3000)	48 %	massique
LiClO_4	9,6	"
$\text{CH}_3\text{C}_\text{N}$	38,5	"
CH_2Cl_2	3,85	"

30

A un extrait de cette solution, dans laquelle le rapport O/Li est de 12,5, on a ajouté du tri-octyl aluminium avec un excès de 15 % par rapport à la stoechiométrie. L'extrait sec était d'environ 75 %. La réticulation s'effectue en moins de 2 heures et les mesures de conductivité ont donné les résultats suivants :

35

$t \times 10^{-4}$	= 46 °C
$t \times 10^{-5}$	= 26 °C

QUATRIEME EXEMPLE

Cet exemple est relatif au même matériau que celui de l'exemple 3 mais il est fabriqué avec une étape de précondensation au cours de laquelle seulement 1/3 de la solution de départ est mélangé au T.O.A. Les mesures de conductivité sont les suivantes :

$$t_{\sigma} 10^{-4} = 55, - ^\circ\text{C}$$

$$t_{\sigma} 10^{-5} = 29,3 ^\circ\text{C}$$

on remarque donc que cette étape de prépolymérisation donne de très bons résultats quant à la conductivité tout en autorisant une mise en oeuvre plus facile, en particulier vis à vis de l'homogénéisation. Pour ce même matériau, mais en utilisant un tri-hexylaluminium au lieu du TOA on obtient sensiblement les mêmes résultats après l'étape de précondensation :

$$t_{\sigma} 10^{-4} = 49,5 ^\circ\text{C}$$

$$t_{\sigma} 10^{-5} = 25, - ^\circ\text{C}$$

Toujours pour ce même matériau mais en utilisant une réticulation au tri-isocyanate, on obtient,

TABLEAU II

	DESMODUR N.	DESMODUR R.
$t_{\sigma} 10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$	87	120
$t_{\sigma} 10^{-5} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$	48	67

CINQUIEME EXEMPLE

Cet exemple est relatif à un matériau macromoléculaire réalisé à partir d'un diol triséquencé oxyde d'éthylène-oxyde de propylène-oxyde d'éthylène, noté ci-dessous P(OE-OP-OE)G. La méthode de fabrication utilisée était similaire à celle de l'exemple 1, c'est-à-dire sans phase de précondensation. On a réalisé deux essais, le premier avec un diol de masse moléculaire 5000, le second avec un diol de masse moléculaire 8500 que l'on a condensé avec du T.O.A. en excès.

On a comparé les résultats obtenus - au point de vue de la conductivité - à ceux obtenus pour des matériaux identiques obtenus par réticulation aux isocyanates du type DESMODUR N. d'une part et DESMODUR R. d'autre part. Les résultats sont notés dans le tableau III où l'on porte sur la première

TABLEAU III

	TOA 5000	TOA 8500	DESMODUR N. 8500	DESMODUR R. 5000	DESMODUR R. 8500
$t_g \cdot 10^{-4}$ $\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$	70	74	120	109	105
$t_g \cdot 10^{-5}$ $\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$	35	40	65	63	59

SIXIEME EXEMPLE

Réalisation d'un accumulateur électrochimique.

On a réalisé la pile suivante :

- 1 - Electrolyte - polycondensat obtenu par condensation directe, avec un tri-octylaluminium, de polyoxyéthylène-glycol, de masse moléculaire 3000, dans lequel est dissous du perchlorate de lithium avec un rapport de O/Li égal à 12.
 - 2 - Electrode positive - c'est une électrode composite comprenant un matériau macromoléculaire à conduction électronique.
 - + matériau à conduction ionique : copolymère oxyde d'éthylène (90 % molaire) méthylglycidyl éther (8 % molaire), dans lequel est dissous du perchlorate de lithium (O/Li = 12).
 - + matériau actif : bioxyde de molybdène
 - + conducteur électronique : noir de carbone.
- La composition de l'électrode est la suivante, en pourcentage volumique :
- + matériau à conduction ionique : 50 %
 - + matériau actif : 40 %
 - + conducteur électronique : 10 %

3 - Electrode négative, on a utilisé un feuillard de lithium.
La pile réalisée avait une épaisseur de 150 microns
et une surface de 4cm². Elle a été sertie dans un boîtier
d'acier inoxydable.

5 On a effectué une première décharge à C/30 à 30°C, c'est-
à-dire sous une intensité telle que toute la capacité est
déchargée en 30 heures. Cette intensité était de 50
μ A. Pour cette décharge l'utilisation a été de 32 %
c'est-à-dire que l'on a récupéré 32 % de la capacité
10 totale de la pile. Lorsque l'on augmente la température,
l'utilisation croît. On a obtenu 40 % d'utilisation à
40°C.

Dans les mêmes conditions, avec un électrolyte selon
l'art antérieur du type uréthane constitué par du perchlo-
15 rate de lithium en solution dans du polyoxyéthylène, on
ne dépasse pas 6 % d'utilisation pour les premières charges/
décharges.

SEPTIEME EXEMPLE.

Réalisation d'un accumulateur dont l'électrolyte est un
20 polycondensat obtenu par condensation au TOA d'un polyoxy-
éthylène glycol de masse molaire 3000.

La pile réalisée est identique à celle du sixième exemple.
Elle a été cyclée à 30°C, à une capacité de C/100. On
obtient une stabilisation du taux d'utilisation vers 15 %
25 au bout du sixième cycle.

De plus, cet accumulateur a été comparé à un accumulateur
selon l'art antérieur - uréthane, même matériau macromo-
léculaire, électrodes identiques pour les deux accumulateurs.
Les taux d'utilisation obtenus pour la charge (C) et la
30 décharge (D) des deux premiers cycles sont indiqués dans le
tableau IV ci-dessous.

TABLEAU IV

N° CYCLE	POEG 3000 TOA		POEG 3000 DESMODUR N.	
	D	C	D	C
1	36 %	30 %	6 %	15 %
2	26 %	28 %	8 %	16 %

On remarque donc que les piles selon l'invention présentent des taux d'utilisation élevés pour les premières charges/décharges ce qui s'explique bien par le fait que le matériau macromoléculaire selon l'invention ne contient plus
5 de fonctions protiques ou de réactifs instables.
En outre, comme il ressort de tous ces exemples on a obtenu un matériau qui est très performant à la température ambiante.
Mais l'invention n'est pas limitée aux exemples décrits.
10 Elle en englobe au contraire toutes les variantes.

15

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

- 1 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique
constitué par un sel en solution dans un matériau
macromoléculaire, caractérisé en ce que le matériau
5 macromoléculaire est un polymère organométallique dans
lequel chaque atome de métal est relié par un atome
d'oxygène à au moins deux chaînes polymériques déri-
vées chacune d'un ou plusieurs monomères comportant
chacun au moins un hétéroatome apte à former des
10 liaisons du type donneur accepteur avec le cation du
sel en solution.
- 2 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique selon
la revendication 1, caractérisé en ce que le métal du
polymère organométallique est choisi parmi l'alumi-
15 nium, le zinc ou le magnésium.
- 3 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique consti-
tué par un sel en solution dans un matériau macromo-
léculeaire, caractérisé en ce que ledit matériau macro-
moléculaire est constitué par un polycondensat obtenu
20 par polycondensation d'un polyol et d'un agent de
condensation, ledit polyol étant dérivé d'un ou plusieurs
monomères comportant au moins un hétéroatome apte à
former des liaisons du type donneur accepteur avec le
cation en solution, ledit agent de pontage comportant
25 au moins deux liaisons carbone-métal, le métal étant
choisi parmi l'aluminium, le zinc et le magnésium.
- 4 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique selon
la revendication 3, caractérisé en ce que le matériau
macromoléculaire est un polycondensat non réticulé
30 obtenu par polycondensation en présence d'un agent de
pontage comprenant seulement deux liaisons carbone-
métal.
- 5 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique selon
la revendication 3, caractérisé en ce que le matériau
35 macromoléculaire est un polycondensat réticulé obtenu
par polycondensation en présence d'un agent de pontage
comprenant trois liaisons carbone-aluminium.

- 6 - Matériau macromoléculaire à conduction inonique selon la revendication 3 caractérisé en ce que le matériau macromoléculaire est un polycondensat réticulé obtenu par polycondensation en présence d'un agent de pontage comprenant deux liaisons carbone-métal, et le polyol présente une structure branchée.
- 7 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le matériau macromoléculaire est obtenu par polycondensation d'un polyol de masse moléculaire comprise en 300 et 20.000.
- 8 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le matériau macromoléculaire est un polyoxyéthylèneglycolate d'aluminium obtenu à partir d'un polyoxyéthylène glycol de masse moléculaire égale à 1500.
- 9 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique selon la revendication 3 caractérisé en ce que le matériau macromoléculaire est un polyoxyéthylèneglycolate d'aluminium obtenu à partir d'un polyoxyéthylèneglycol de masse moléculaire égale à 3000.
- 10 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le matériau macromoléculaire est un poly(oxyde d'éthylène-oxyde de propylène - oxyde d'éthylène)glycolate d'aluminium obtenu à partir d'un poly(oxyde d'éthylène-oxyde de propylène-oxyde d'éthylène)glycol de masse moléculaire égale à 5000.
- 11 - Matériau macromoléculaire à conduction ionique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le matériau macromoléculaire est un poly(oxyde d'éthylène-oxyde de propylène-oxyde d'éthylène)glycolate d'aluminium obtenu à partir d'un poly(oxyde d'éthylène-oxyde de propylène-oxyde d'éthylène)glycol de masse moléculaire égale à 8500.
- 12 - Procédé de fabrication d'un matériau macromoléculaire à conduction ionique constitué par un sel en solution dans un matériau macromoléculaire, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer une polycondensation

2557735

17

d'un polyol et d'un agent de pontage, ledit polyol
étant dérivé d'un ou plusieurs monomères comportant
au moins un hétéroatome apte à former des liaisons
du type donneur accepteur avec le cation du sel en
5 solution, ledit agent de pontage comportant au moins
deux liaisons carbone métal, le métal étant choisi
parmi l'aluminium, le zinc et le magnésium.

10

15

20

25

30

35